適應當前機械化收穫水稻栽培法改善之研究

I 生育初期中斷氮肥對防止水稻倒伏及其主要農藝性狀之影響[1]

趙 政 男[2]

摘要 在水稻生育初期適度中斷氮肥 (Nitrogen starvation) 一、二週，似有抑制基部第一、二節間之徒長，增加對倒伏之抵抗性，且以第二期作高溫環境下之處理效果尤爲顯著。但由於初期氮肥之中斷亦相對地引起分蘖能力減弱，穗數減少，致使稻穀產量未能達到慣行施肥法標準，而抵消了抗倒伏效果。故如何有效地防阻水稻植株倒伏，而又能增加或維持一定的單位面積產量，實有待更進一步的探討研究。

前 言

近年來由於本省工商業發達，農村勞力逐年缺乏，農業機械化之推展爲勢所必然。水稻係本省最主要糧食作物，年有兩期作栽培，而栽培水稻所需之勞力又遠較其他作物爲多，因此如何使水稻栽培走上機械化途徑爲當前政府積極推行農業機械化政策主要原因之一。

本省水稻一貫作業機械化，自民國58年示範推廣以來，始終尚停留在示範階段，其中尤以機械化收穫之推展更爲緩慢，究其原因主要係由於目前推行之收穫機僅適用於收割未倒伏之水稻，對於發生倒伏之稻株便無法發揮其效率，因此爲使機械收穫普及化，除了改良現行之收穫機以利倒伏水稻之收穫外，亦應從水稻之育種改良與栽培技術上着手，而目前在新的改良收穫機未推出前，如何由育種改良或栽培技術上防止稻株倒伏，即爲加速水稻採收機械化所必須加以探討之主要課題。

水稻之倒伏原因，一方面固然是品種本身之遺傳特性，另方面則爲環境因子與栽培方法之不當所致。因此欲預防稻株之倒伏，當以育成抗倒伏品種爲最根本辦法，然育種非短時間所能見效，且一個新品種之育成往往很難具備十全十美之優良特性，所以在新的豐產抗倒伏品種未育成前，如何就現有推廣之豐產品種在栽培管理上給予合理之調整與改善，以防止稻株倒伏，更爲目前實施機械化收穫所不容忽視之主要問題。

影響水稻倒伏與否之主要栽培因子，不外乎栽植密度、施肥量與施肥期，此等因子配合適當與否不僅影響到水稻倒伏之發生與否，且對稻穀產量之高低極具密切關係。是以本試驗乃在探討生育初期中斷氮肥，即不施用基肥與不同時期之追肥施用期，是否可因而防止水稻植株之倒伏，以利機械化收穫之進行；同時使得此等植株因不倒伏更能充分發揮其後期之生理效果，進而提高水稻單位面積產量。茲將本分所六十四年之初步試驗結果整理報告於後。

材料與方法

1.供試材料：本試驗以臺南5號爲供試品種，所用肥料氮肥爲硫酸錏，磷肥爲過磷酸石灰，鉀肥爲硫酸鉀。

2.試驗設計：採用裂區設計，以栽植密度爲主處理，中斷氮肥爲副處理，重複4次，小區面積8

本試驗作者獲得中華農學會鄭仲孚先生研究獎金之獎勵，試驗進行中又承李分所長良之鼓勵與指導，敬誌謝忱。

1.試驗報告農試字第七八四號

2.臺灣省農業試驗所嘉義農業試驗分所技佐

平方公尺。

3.栽植密度：分常植區25×20公分，密植區25×10公分等兩種。

4.中斷氮肥：分下列四種處理：

①T_1：在移植前一天施用基肥，第一次追肥施用期（Ⅰ期移植後20日，Ⅱ期移植後15日），即一般標準施肥法爲對照區。

②T_2：在移植前不施用基肥，而將基肥量延遲於移植後7日做爲追肥施用，即生育初期中斷氮肥一週。

③T_3：在移植前不施用基肥，而將基肥量延遲於移植後15日做爲追肥施用，即生育初期中斷氮肥二週。

④T_4：在移植前不施用基肥，而將基肥量延遲於移植後20日做爲追肥施用，即生育初期中斷氮肥三週。

上述各處理各次追肥施用期依序在第一次追肥後每隔（Ⅰ期20日，Ⅱ期15日）施用，其肥料施用法爲磷肥全量及鉀肥之半量做爲基肥施用，餘半量之鉀肥則於第二次追肥時施用；氮肥則分四次施用，其施用比例爲25—30—25—20。所用肥料量採用中南部地區之推介量，即 N—P—K 爲 120—60—60 公斤／公頃。

5.調查項目：除調查株高、穗數及乾淨穀產量外，並於抽穗後25日自各處理隨機採取5株分蘗莖，以調查地上部各節間之長度與徑度，同時於收穫時自試區中行抽取10穗以調查一穗粒數、稔實率、百粒重等，生育期間並隨時觀察記錄倒伏之發生時期與倒伏程度。

結果與討論

1.初期中斷氮肥對地上部各節間長度與徑度之影響

品種間抗倒伏性之差異，一般皆以CLr值（Coefficient of lodging-resistance）、稈莖挫折力、稈莖彎曲度、節間長、稈莖粗細、稈壁厚薄與稻稈之組織成分等表示之（Chang 1964, IRRI 1965. 1966, 謝、吳1966. 1967. 1969, Kalyan, K. K. and S. M. Sircar 1968）。然在株高相等之品種間，欲比較其抗倒伏性之差異，似應以間節長度與稈莖直徑之差異較爲合理（謝、吳1966）。因此在同

表 1　初期中斷氮處理對地上部各節間長度與徑度之影響變方分析結果之顯著性

Table 1. Significance of variance analysis for internode length and diameter of elongated internodes under different nitrogen starvation

變因 Source of variation	自由度 D. F.	節間長度 internode length		節間徑度 internode diameter		顯著 F 值 significant F—value	
		Ⅰ期 1st Crop	Ⅱ期 2nd Crop	Ⅰ期 1st Crop	Ⅱ期 2nd Crop	5 %	1 %
中斷氮肥 Nitrogen starvation (N. S)	3	N	N	VS	VS	2.68	3.94
栽植密度 Plant spacing (P. S.)	1	VS	S	VS	VS	3.92	6.84
節間別 Internode order (I. O.)	4	VS	VS	VS	VS	2.44	3.47
中氮×節別 N. S. ×I. O.	12	VS	N	N	N	1.83	2.33
中氮×密度 N. S. ×P. S.	3	N	N	N	N	2.68	3.94
密度×節別 P. S. ×I. O.	4	N	VS	S	N	2.44	3.47
中氮×密度×節別 N. S. ×P. S. ×I. O.	12	N	VS	N	N	1.83	2.33

Note : VS Significant at 1% level. S Significant at 5% level. N No Significant

註　VS　1%顯著水準　S　5%顯著水準　N　不顯著

一品種間如能抑制其節間之徒長，則該植株之抗倒伏能力亦因而增强。本試驗係屬同一品種之比較試驗，故僅以中斷氮肥後對地上部各節間長度與徑度之影響分別討論如下：由表一、節間長度與徑度之變方分析結果，得知節間長度因栽植密度與節間別之差異較大，而因中斷氮肥處理間之差異較小，即同一節間其節間長在密植情況下較常植區爲短；又同一莖上不同節間，其節間長則由上而下依序遞減，且期作間均呈同一趨勢。類此結果 Chang (1964) . D. Lenka and D. Panda (1968) 均有相同

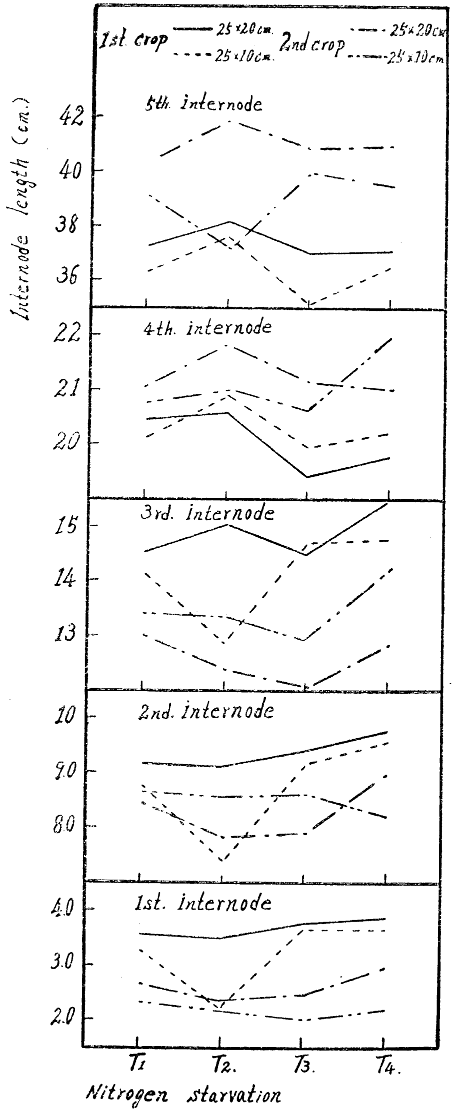

圖 1、初期中斷氮肥對地上部各節間長之影響

Figure 1. Effect of nitrogen starvation during the early growth stages on the length of elongated internodes.

註：T_1：慣行施肥法（對照區）	Note：T_1-traditional application method (ck)
T_2：中斷氮肥一週	T_2-nitrogen starvation for 1 Week.
T_3：中斷氮肥二週	T_3-nitrogen starvation for 2 Weeks.
T_4：中斷氮肥三週	T_4-nitrogen starvation for 3 Weeks.

1st . internode：基部第一節間　　1st . internode：the lowermost elongated internode.
5th. internode：穗頸節間　　5th. internode：panicle-neck internode.

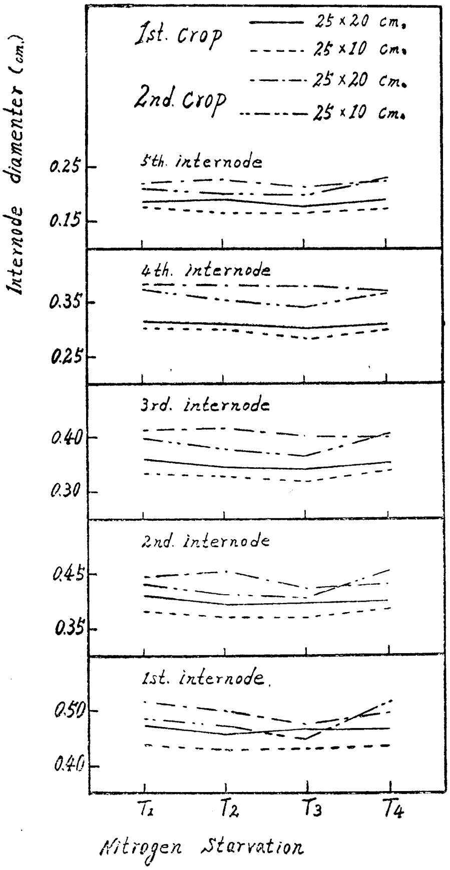

圖 2、初期中斷氮肥對地上部各節間徑度（外徑）之影響

Figure 2. Effect of nitrogen starvation during the early growth stages on the outer diameter of elongated internodes.

之報告。至於初期中斷氮肥對節間長之影響，經變方分析結果，一、二期作雖均未達顯著水準，然由圖一、可看出初期中斷氮肥一週，即移植前不施用基肥，而將基肥量延遲於移植後七天施用之T_2 處理，其基部第一、二、三節之節間長均較慣行施肥法T_1 處理爲短，且期作間、栽植密度間均呈現相同結果。隨著初期中斷氮肥時間之延長，直至中斷二週時即T_3 處理，其基部第一、二、三節之節間長，則因期作別而有顯著之差異，在第二期作時亦呈現較慣行施肥法T_1 處理爲短之現象；但在第一期作期，則該節間長反較 T_1 處理爲長，其原因可能爲第一、二期作之生育環境全然不同，在第一期作處於低溫環境下，生育遲緩，施用基肥與否無顯著之差異；但在第二期作之高溫環境下，若初期中斷氮肥一、二週適可抑制其徒長。迨生育初期中斷氮肥時間繼續增至三週時，即移植時不施基肥，而將基肥量延遲於移植後20天時施用之 T_4 處理，其地上部各節間之節間長，不論一、二期作或常植、密植間均有逐漸增長趨勢，且較慣行施肥法 T_1 處理爲長。由以上結果似可設論生育初期適度中斷氮肥，有抑制地上部各節間徒長之趨勢，且以基部第一、二節間在第二期作之高溫環境下受抑制尤甚，此可能爲本試驗初期中斷氮肥一、二週較慣行施肥法可減輕或延緩後期倒伏之主要原因。因基部第一、二節間所承受稻稈彎曲壓力最大，該兩節間之節間長愈短，所能承受之壓力愈大，亦即其抗倒伏能

力愈强（Chang, 1964）。惟初期中斷氮肥時間以不超過兩週爲宜，若中斷氮肥時間在兩週以上時，則反促進地上部各節間之徒長，加速植株倒伏。因初期中斷氮肥時間在兩週以上時，其節間長反有愈形增加之趨勢，係由於水稻分蘖期始於移植後10～15天左右，如在此期間施用追肥可促進分蘖之發生，而令各分蘖與母莖平均發育，不致造成植株之徒長。反之，若在此期間繼續中斷氮肥，則由於分蘖能力減弱，在同樣的肥料施用量下，便易導致少數分蘖與母莖形成頂端生長優勢現象（Apicalgrowth dominance）而徒長。另方面，由於初期中斷氮肥時間愈長，相對地使追肥終止期延後，因而在節間伸長期植株吸收過量之氮肥，亦適足以造成地上部各節間之徒長而加速倒伏。

至於不同處理對節間橫斷面之直徑（外徑），即稈莖粗細之影響，由表1變方分析結果，中斷氮肥、栽植密度與節間別之差異均達極顯著水準，由是可知稻稈之粗細除受栽植密度與節間別所左右外，尙受肥料施用期之影響。就栽植密度而言，同一節間其節間徑度在常植區大於密植區，而同一莖上不同節間其節間徑度則由下而上依序遞減。至於初期中斷氮肥處理對節間徑度之影響，由圖二、可看出除中斷氮肥三週之 T_4 處理在第二期作密植情況下，其節間徑度較慣行施肥法 T_1 處理略粗大外，其餘各處理各節間之徑度均小於 T_1 處理，且在不同的中斷氮肥處理間，其節間徑度則似有隨著中斷時間之增加而愈形減小之趨勢，即各節間之粗細以慣行施肥 T_1處理爲最大，其次爲T_2、T_3 處理，迨至中斷三週時（即T_4 處理）則又有逐漸增加趨勢。由是觀之，初期中斷氮肥對基部第一、二節間之節間徑度的影響，似與中斷氮肥後對節間長度之影響呈現同一趨勢，即節間長受影響愈大者，其對節間徑度之影響亦愈大。1965年 IRRI 之報告亦指出基部第一、二節間之節間長與該節間之外徑呈正相關（r=0.9498），而該節間之外徑又與抗倒伏性呈反效應，此可能即爲導致 T_4. T_1 處理較 T_2. T_3 處理更易倒伏之另一主要原因。

2. 初期中斷氮肥對稻穀產量與產量構成因素之影響

經產量變方分析結果（表2），除第一期作栽植密度與中氮處理間分別達顯著及極顯著水準外；第二期作則均未達顯著水準，由此顯示第一期作稻穀產量因中氮處理與栽植密度不同所發生之差異大

表2　初期中氮處理對稻穀產量影響之變方分析表

Table 2. Analysis of variance to the effect of nitrogen starvation treatment on the grain yield.

變因 Source of variation	自由度 D. F.	均方 Mean Squares I期 1st Crop	均方 Mean Squares II期 2nd Crop	F值 F-value I期 1st Crop	F值 F-value II期 2nd Crop	顯著F值 Significant F-value 5 %	顯著F值 Significant F-value 1 %
區集 Block	3	22884.1	10427.87	—	—	—	—
栽植密度 Plant spacing (P. S)	1	74594.6	39550.78	18.04*	4.65	10.1	34.1
主區機差 Error (a)	3	4134.1	8509.11	—	—	—	—
中斷氮肥 Nitrogen starvation (N. S)	3	48446.6	33182.03	5.97**	2.79	3.16	5.09
肥料×密度 N. S. ×P. S.	3	4334.1	1284.11	0.53	0.11	3.16	5.09
副區機差 Error (b)	18	8114.7	11901.82	—	—	—	—

於第二期作。至於不同中氮處理對稻穀產量之影響，由產量表上（表3）顯然可看出初期中斷氮肥之處理，其稻穀產量均較慣行施肥法爲低，各處理間以慣行施肥法之 T_1處理產量最高，其次依序爲T_2、T_3 處理，而以 T_4 處理爲最低，其產量平均指數在常植區爲100－97.6－96.3－92.3，而在密植區爲100－97.3－96.6－89.3。但就期作間觀之，在第一期作中斷氮肥一週之T_2處理，無論在常植抑或密植條件下均較慣行施肥法 T_1處理約增產1.0～1.4%，可能係由於第一期作生育初期處於低溫環境

下，生育遲緩，基肥於移植前一天施用或延遲於移植後七天施用，對水稻之生長發育無顯著差異所致。初期中斷氮肥引起稻穀產量減低之現象，遠在1938年 Asugi *et al*（引自 1967. Matsushima）以水耕法試驗結果即已指出在移植後之前六週間，中斷氮肥一週者對稻穀產量無甚影響，但中斷兩週以上者則對稻穀產量即有顯著影響。1938年 Kasugai 氏更進一步指出初期中斷氮肥對稻穀產量所引起之影響與發生中斷氮肥時期之早晚及中斷時間之長短成正相關，意即中斷氮肥時間發生得愈早與愈長者對稻穀產量之影響亦愈大。本試驗 T_2. T_3 兩處理在移植時均不施用基肥，而第一次追肥T_2處理於移植後 7 天施用，T_3 處理於移植後15天施用，顯然 T_3 處理初期中斷氮肥時間較 T_2 處理長 8 天，但 T_3 處理之產量却相近或反高於 T_2 處理，此可能係由於T_3 處理後期施用粒肥，而得自稔實率增加的結果。因在減數分裂後期至成熟初期間施用追肥可提高成熟穀粒數（S. Matsushima 1967）

表 3　生育初期中斷氮肥對稻穀產量之影響

Table 3. Effect of nitrogen starvation during the early growth stages on grain yield of rice. (kg/ha)

中氮處理 Nitrogen starvation	第一期作 1st Crop		第二期作 2nd Crop		兩期平均 Average of 2 crops			
	25×20cm	25×10cm	25×20cm	25×10cm	25×20cm	index %	25×10cm	index %
T_1	4,975.0	4,722.0	3,300.0	3,550.0	4,137.5	100	4,136.0	100
T_2	5,025.0	4,790.8	3,053.3	3,259.5	4,039.2	97.6	4,025.2	97.3
T_3	4,781.3	4,684.5	3,187.5	3,303.3	3,984.4	96.3	3,993.9	96.6
T_4	4,659.5	4,278.3	2,978.3	3,109.5	3,818.9	92.3	3,693.9	89.3

，又Chang *et al*（1967）舉行水稻肥料分施試驗結果，亦指出粒肥之施用有利於稔實率之增加。至於初期中斷氮肥三週之 T_4 處理，其後期雖亦施用粒肥，但由於發生倒伏而抵消了粒肥施用效果，故產量最低。導致初期中斷氮肥引起稻穀產量減低之主要原因，係由於有效分蘗之形成受抑制，每株穗數減少所致。

由表 4 就產量構成因素而言，初期中斷氮肥處理，其每株穗數及每穗粒數均較慣行施肥法爲低，且其遞減率似與初期中斷氮肥時間之長短成正相關，即中斷氮肥時間愈長者，其遞減率愈大。至於千粒重則各處理間無顯著差異，但稔實率在 T_3 處理則因後期穗肥、粒肥之施用而有增加之趨勢。

3. 初期中斷氮肥對其他主要農藝性狀之影響

株高：依據成熟期調查結果，如表 4 所示，可看出株高因栽植密度及期作之不同差異較大，而因中斷氮肥處理間之差異較小，在不同之中斷氮肥處理中，株高似有隨著中斷氮肥時間之增加而減低之趨勢，且以密植區在第二期作之高溫環境下受抑制尤甚。惟其中斷時間似以兩週爲宜。若在兩週以上時，則反由於追肥終止期之延遲而增長。由是觀之，初期中斷氮肥對株高所引起之影響與中斷氮肥後對地上部各節間長之影響頗爲一致，即中斷氮肥導致株高減低之原因，係由於中斷氮肥後其地上部各節間長受抑制所致。因節間長與稈長成正相關（D. Lenka and D. Panda, 1968）。

穗數：初期中斷氮肥雖有抑制基部第一、二節間及株高之徒長而減輕或延緩倒伏之趨勢，但因初期氮肥之中斷，分蘗能力減弱，因而引起每株穗數之減少。初期中斷氮肥導致有效分蘗減少之原因，可能係由於水稻分蘗期始於移植後10～15日之間，在分蘗期間正需要多量的氮肥，因分蘗數與分蘗時期植株之含氮量有極顯著之正相關（1967, S. Matsushima），故在此期間中斷氮肥，植株之吸氮量減少，有效分蘗之形成顯著受影響。

生育日數：初期中斷氮肥，而使追肥終止期延後，其生育日數並不因而延長；相反的，此等處理

表 4　初期中斷氮肥對產量構成因素及其主要農藝性狀之影響

Table 4. Effect of nitrogen starvation during the early growth stages on yield components and other agronomic traits of rice.

栽植密度 Plant spacing	中氮處理 Nitrogen starvation	株高 Plant height (cm.)		穗數 No. of panicles per hill		穗粒數 No. of grains per panicle		稔實率 Fertility (%)		千粒重 1000 grain Weight (g)		抽穗期 Heading date		倒伏期(1) Lodging date		倒伏率(2) Lodging percent (%)	
		I 期 1st Crop	II 期 2nd Crop	I 期 1st Crop	II 期 2nd Crop	I 期 1st Crop	II 期 2nd Crop	I 期 1st Crop	II 期 2nd Crop	I 期 1st Crop	II 期 2nd Crop	I 期 1st Crop	II 期 2nd Crop	I 期 1st Crop	II 期 2nd Crop	I 期 1st Crop	II 期 2nd Crop
25×20 cm.	T_1	103.5	111.8	16.3	10.1	151.5	141.6	95.7	65.6	26	25	96.0	65.5	22	20	100	100
	T_2	103.8	109.4	16.5	9.7	149.9	140.3	96.2	69.7	26	24	96.3	65.5	20	25	80	60
	T_3	102.2	107.7	16.0	9.6	145.9	136.9	97.5	68.9	25	25	97.0	66.3	25	25	60	70
	T_4	105.8	113.2	15.5	8.7	143.7	134.5	93.3	62.4	26	25	96.8	65.5	18	22	100	100
25×10 cm.	T_1	98.9	108.5	10.5	6.5	140.2	134.6	95.0	70.7	26	25	95.3	63.5	20	20	95	100
	T_2	98.6	106.7	10.5	6.1	137.5	131.0	94.8	74.6	25	24	95.5	61.5	25	25	50	60
	T_3	100.3	104.1	10.0	5.9	131.1	125.5	97.0	75.1	25	25	95.5	61.8	23	27	70	50
	T_4	102.3	107.2	10.1	5.6	129.9	123.7	95.6	63.3	26	24	96.3	63.0	20	20	100	100

註　(1) 倒伏期：抽穗後日數　　(2) 倒伏率：100%示全倒

Note: (1) Lodging date: days after heading date. (2) Lodging Percent: 100% indicated full lodging.

在密植條件下較慣行施肥法約可提早1～2天抽穗，因此在本省複作指數極高的栽培制度下，似不必顧慮因初期氮肥之中斷而使追肥終止期延遲將影響到後作之適當栽培時期。

倒伏性：初步觀察結果如表4，顯示初期中斷氮肥一、二週其倒伏時期與倒伏率均較慣行施肥法爲輕緩，而初期中斷氮肥三週之處理則由於追肥終止期延後，不但使基部第一、二節間之節間長增加，且使劍葉發育過分繁茂而平展，增加外界雨露的阻力反而加速倒伏。由此似可設論生育初期中斷氮肥對防止水稻植株倒伏之效果，在移植後兩週內似有隨著中斷氮肥時間之延長而增加之趨勢。

參考文獻

1.吳連登、黃武林（1973） 臺灣農業機械化發展現況與展望 臺灣農業第9卷第1期。

2.陳澤亞（1974） 加速推行臺灣農業機械化之研究 臺灣農業第10卷第4期。

3.謝英鐸、吳育郎（1966） 水稻倒伏性之研究 臺灣農業第2卷第1期。

4.謝英鐸、吳育郎、沈明來（1967） 水稻倒伏性之研究 臺灣農業第3卷第1期。

5.吳育郎（1968） 水稻抗倒伏之遺傳研究 臺灣農業第4卷第1期。

6.謝英鐸、吳育郎、沈明來（1969） 水稻倒伏性之研究 臺灣農業第5卷第1期。

7.陳炯崧（1967） 水稻高產原理 臺灣農業研究中心作物生理講習會專刊。

8.Chang, W. L., S. C. Yang, and C. N. Chao (1967) : Effect of split application of fertilizer on yield, components of yield, and other agronomic traits of rice (IV) . Jour. Taiwan Agr. Res. 16 (2) : 22—34.

9.Chang. T. T. (1964) : Varietal differences in lodging resistance. IRCN Vol. 8, No. 4 : 1—11.

10.D. Lenka and D. Panda (1968) : Lodging resistance of India and Ponlai varieties of rice. IRCN Vol. 17, No. 3.

11.Kalyan, K. K. and S. M. Sircar (1968) : A note on the effects of heavy nitrogen and potassium fertilization on the cellulose and lignin contents of rice culm at different stages of growth. IRCN. Vol. 17, No. 4.

12.Lodging-causes and effects (1966) : IRRI Report Vol. 2. No. 6.

13.S. Matsushima (1967) : Nitrogen requirements at different stages of growth. Sympossium on the mineral nutrition of the rice plant. pp. 219—242.

14.International Rice Research Institute. Annual Report of 1965. pp. 103—105.

STUDIES ON THE IMPROVEMENT OF CULTURAL METHOD TO MEET MECHANICAL HARVEST OF RICE

I. Effect of nitrogen starvation during the early growth stages on lodging-resistance and other agronomic traits of rice.

by

Chao Cheng-nan

Summary

In order to meet mechanical harvest of rice, lodging-resistance is one of the most important agronomic traits. "How to prevent plant-lodging of rice" is an important problem for rice culture at present. This experiment was conducted at Chiayi Agricultural Experiment Station in both 1st. and 2nd crops of 1975 to investigate the effect of nitrogen starvation during the early growing stages on lodging-resistance and other agronomic traits of rice. Preliminary results indicated that nitrogen starvation for 1 to 2 weeks during the early growing stages could inhibit the elongation of the basal internode and prevented plant-lodging, which was more pronounced under the conditions of high temperature in the second crop. The percentage of lodging at the ripening stages was negatively associated with the duration of nitrogen starvation. Thus, the longer the duration of nitrogen starvation, the lower the percent of lodging.

Nitrogen starvation for 1 to 2 weeks during the early growing stages had no significant effect on grain yield; traditional application method T_1 showed the highest grain yield, followed by treatments T_2, T_3, and T_4. Nitrogen starvation during the early growing stages caused the decrease of grain yield that appeared to be due to the decrease in either number of panicles per plant or number of spikelets per panicle.